

TI TANDEM TYPE ELECTROSTATIC ACCELERATOR  
IN IWATA YASUTSUGU; SAITO NAOAKI; TANIMOTO MITSUSHI  
PA AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL, JP (GO 000114)  
PI JP 06068984 A 19940311 Heisei  
AI JP1992-245562 (JP04245562 Heisei) 19920821  
SO PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Unexamined Applications, Section: E, Sect. No.  
1561, Vol. 18, No. 311, P. 1 (19940614)

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-68984

(43) 公開日 平成6年(1994)3月11日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 5 H 5/06

識別記号

庁内整理番号

9014-2G

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 3 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平4-245562

(22) 出願日 平成4年(1992)8月21日

(71) 出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(72) 発明者 岩田 康嗣

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術  
院電子技術総合研究所内

(72) 発明者 斎藤 直昭

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術  
院電子技術総合研究所内

(72) 発明者 谷本 充司

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術  
院電子技術総合研究所内

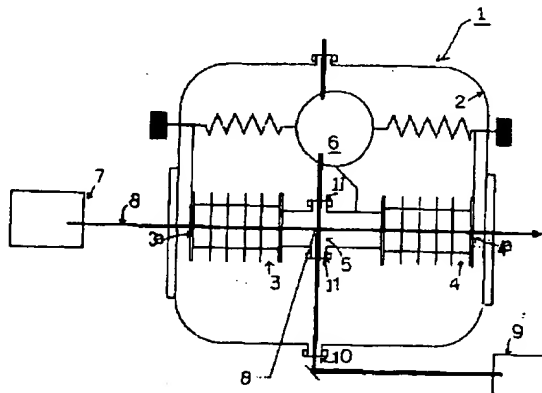
(74) 指定代理人 工業技術院電子技術総合研究所長

(54) 【発明の名称】 タンデム型静電加速器

(57) 【要約】

【構成】 極性の異なる荷電粒子の加速部 3、4 を高電圧ターミナル部 5 で接続し、高電圧ターミナル部 5 で荷電粒子の極性を反転して加速するタンデム型静電加速器において、上記高電圧ターミナル部 5 での荷電粒子の極性反転をレーザー光により行なうタンデム型静電加速器。

【効果】 複数の原子で構成される多様な分子イオンやクラスターイオンや高エネルギー中性粒子ビームを加速部 3、4 の真空度を低下させることなく安定に発生させることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 極性の異なる荷電粒子の加速部を高電圧ターミナル部で接続し、該高電圧ターミナル部で荷電粒子の極性を中性化乃至反転して加速するタンデム型静電加速器において、上記高電圧ターミナル部で荷電粒子の極性を中性化乃至反転させる手段として光によるイオン化作用を利用することを特徴とするタンデム型静電加速器。

【請求項2】 上記光がエキシマーレーザーや色素レーザー及び連続波長可変発振器に接続したNd:YAGレーザーから発生する波長可変で強度調整ができ、かつ指向性が強いレーザー光で構成され、該レーザー光は加速器外より照射して高電圧ターミナル部の光学窓を介して高電圧ターミナル部に入射する特許請求の範囲第1項記載のタンデム型静電加速器。

【請求項3】 光学的に強い共鳴遷移を持つ荷電粒子に対しては、レーザー光を荷電粒子のビーム軸に沿って入射し、ドップラー効果によって高電圧ターミナル部を通過する荷電粒子のみを共鳴遷移させることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のタンデム型静電加速器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、複数の原子で構成される多様な分子イオンやクラスターイオン或は高エネルギー中性粒子を発生することができるタンデム型静電加速器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 タンデム型静電加速器は加速器の入口と出口が共に接地され、加速中心部に数100kV から20MV程度までの直流高電圧ターミナル部を持つ荷電粒子加速装置であって、加速器入口から上記高電圧ターミナル部までと高電圧ターミナル部から出口迄の2段に加速することから「タンデム型」と称されている。

【0003】 1段加速（シングル型）の場合には高電圧部に荷電粒子の発生源（イオン源）を搭載するのに対し、タンデム型ではイオン源を接地できるため、軽イオンや重イオンを始め複数の原子から構成される分子イオンやクラスターイオンに至るまでの、バリエーション豊かな荷電粒子の加速を可能とするなどの特徴がある。

【0004】 従来原子核物理学の分野で、核構造解析の手段として高エネルギー荷電粒子を得るために、より高電圧の静電加速器開発が進められ、大型加速器の建設が行われてきたが、近年では半導体材料におけるイオン注入、鋼材改質のためのイオンビーム加工、通常検出が困難とされる材料中の水素のイオンビーム分析、材料組成と構造解析のためのイオンビーム分析、構造物や生体細胞の照射損傷を調べるためのイオンビーム照射、生体内のトレーサー分析、年代測定のための同位体分離等の材料科学や生物、医療科学或は考古学等の幅広い分野においては、むしろ数100kV から3MV 程度の比較的小型の

タンデム型静電加速器が盛んに利用されている。

【0005】 タンデム型加速器においては高電圧ターミナル部において荷電粒子の電荷極性を反転させる必要があるが、従来極性変換の容易性から通常イオン源から高電圧ターミナル部迄は負電荷を、高電圧ターミナル部以降は正電荷をそれぞれ帯びた荷電粒子の加速を行なうようにしてきた。

【0006】 そして、従来のタンデム型静電加速器においては高電圧ターミナル部における荷電粒子の電荷の極性反転を、高速荷電粒子が物質を通過する際に生ずる電子損失を利用して、負電荷を正電荷に変換することが行なわれてきた。

【0007】 例えば、大型のタンデム型静電加速器では、図3に示すように負イオン加速管3と正イオン加速管4を接続する高電圧ターミナル部5に複数の炭素薄膜14を搭載した無端ベルト15を設け、この無端ベルト15を回動させて炭素薄膜14の一枚を荷電粒子発生器7より入射される荷電粒子のビーム軸8を遮るように位置させ、負イオン加速管3で高エネルギーにまで加速された負電荷を持つ荷電粒子をこの炭素薄膜14を通過することにより多価の正電荷粒子に変換され、正イオン加速器ではこの変換された正電荷粒子を更に高エネルギーにまで加速して、効率よく高エネルギーの荷電粒子を発生させるものである。

【0008】 一方、3MV 以下の比較的小型のタンデム型静電加速器では、負イオン加速管部で加速された荷電粒子の物質透過能が低いと、図4に示すように加速器を収容する絶縁用高圧ガスタンク2内に流量調整弁16を有する荷電変換用ガス供給部17を設け、流量調整弁16を開いて高電圧ターミナル部5にガスを供給し、ここで負電荷を持つ荷電粒子と衝突させることにより荷電変換を行なうものである。

【0009】 このガスと荷電粒子の衝突により荷電粒子の荷電変換を行なう方法においては、荷電粒子の種類と速度に応じてガスの圧力を調整することにより、必要な正電荷の価数が得られる利点を有している。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上述の薄膜透過或はガス衝突何れの方法においても、荷電変換のために薄膜透過やガスと衝突させる際、荷電粒子が分子イオンやクラスター等の複数の原子から構成されている場合、構成原子が個々に電子損失を起こしてイオン化し、互いの静電斥力によって分子やクラスターが解離してしまう。

【0011】 即ち、分子やクラスターを解離させずにイオン化するためには、複数の原子で構成される荷電粒子1個から剥ぎ取る電子の個数を正確に制御する必要があるが、荷電粒子が透過する膜厚やガス圧の調整では、こうした荷電粒子から剥ぎ取る電子の個数制御まで出来ず、このため分子イオンやクラスターイオン等の複数の

原子から構成される荷電粒子は、炭素薄膜透過やガス衝突による荷電変換を行う従来のタンデム型静電加速器では加速できないという大きな欠点がある。

【0012】また従来、ガス衝突による荷電変換を行う比較的小型のタンデム型静電加速器では、高電圧ターミナル部5におけるガス導入によって、加速管内の真空度低下を招き、更に加速管内の残留ガスは荷電粒子ビームとの衝突によって電子を放出し、この電子が加速管壁との衝突を繰り返し雪崩式に増倍して高電圧の不安定な状態を引き起こし、引いては加速管の寿命を短縮することになるため、加速管内の真空度の低下は重大な問題である。

【0013】なお、加速管内の真空度の低下を軽減するために、高電圧ターミナル部に真空排気装置を取り付けたタンデム型静電加速器も従来より存在するが、これは高電圧ターミナル部の構造を複雑にする結果となる。

【0014】更に、ガス導入による荷電変換では、絶縁用高圧ガスタンクの外部から直接ガス流量調整操作をすることは絶縁破損を生ずるために不可能であり、したがって絶縁用高圧ガスタンク2内に設けられたガス流量調整弁16を遠隔制御しなければならないという不便さがあった。

【0015】一方、炭素薄膜による荷電変換では炭素薄膜が長時間使用すると破損し、通常1枚の寿命が数時間から数日程度であり、したがってタンデム型静電加速器には上述のように無端ベルト15に複数枚の炭素薄膜14が搭載されているが、それでも数カ月毎に炭素薄膜の補給が必要となり、その都度大型の絶縁用高圧ガスタンクを開閉しなければならないという不便さがある。

【0016】

【課題を解決するための手段】以上の課題を解決するため、この発明ではタンデム型静電加速器の高電圧ターミナル部における荷電粒子の極性を中性化乃至反転させる手段として光によるイオン化作用を利用するタンデム型静電加速器を提案するものである。

【0017】この発明で使用できる上記イオン化作用を呈する光としては、エキシマーレーザーや色素レーザー及び連続波長可変発振器に接続したNd:YAGレーザーから発生する波長可変で強度調整ができ、かつ指向性が強いレーザー光を使用することができる。

【0018】これらのレーザー光は、例えば加速器が収容された絶縁用高圧ガスタンク外に設けられたレーザーより照射され、絶縁用高圧ガスタンク及び高電圧ターミナル部にそれぞれ設けられた光学窓を通して高電圧ターミナル部に入射し、ここで負電荷を持つ荷電粒子から光イオン化作用を以て電子を剥ぎ取り、中性或は正電荷状態にする。

【0019】荷電粒子が複数個の原子で構成される場合は、荷電粒子を解離させないように光の波長と照射強度を調整することにより剥ぎ取る電子数を制御する。

【0020】一方、負電荷を持つ荷電粒子が光学的に強い共鳴遷移を持つ場合には、ドップラー効果を利用して波長調整されたレーザー光を荷電粒子のビーム軸に沿って入射させることにより、高電圧ターミナル部で荷電粒子の電荷極性変換ができる。

【0021】即ち、移動している荷電粒子から見た光の波長はドップラー効果によって荷電粒子の速度に依存して変化するため、高電圧ターミナル部を通過する荷電粒子から見た光の波長が、丁度その荷電粒子の持つ共鳴遷移に一致するように入射光の波長を調整し、高電圧ターミナル部でのみ荷電粒子の電荷極性変換ができる。

【0022】

【作用】この発明によればレーザー光のような光を波長及び強度調整してタンデム型静電加速器の高電圧ターミナル部に入射させることにより、負イオン加速管で加速された負電荷の荷電粒子より所定の個数の電子を剥取ることができ、更にこの電子の剥取られた荷電粒子を正イオン加速管で加速することができる。

【0023】したがって、この発明によれば波長可変で強度調整ができる光を利用することにより、1個の荷電粒子から剥ぎ取る電子の個数を正確に制御できるため、分子イオンやクラスターイオン等の複数原子で構成される荷電粒子を解離させることなく、高エネルギーにまで加速することができる。

【0024】またこの発明によれば荷電粒子から剥ぎ取る電子の個数を粒子全体の電荷零の中性状態に制御できるため、高エネルギーの中性粒子を発生させることができる。

【0025】更にこの発明によれば荷電粒子の電荷極性変換の際に加速管内部へ光のみを導入するため、加速管内の真空度の低下を招くことなく、したがって高電圧の不安定状態を起こして加速管の寿命を縮めることなく、荷電粒子を安定に高エネルギーにまで加速することができる。

【0026】またこの発明によれば荷電変換に指向性の強い光を使用するため、絶縁用高圧ガスタンクの外部から直接操作により、絶縁破損を生じさせずに荷電粒子の電荷極性を変えることができる。

【0027】

【実施例】以下、この発明を図示の実施例を用いて詳細に説明する。1は、この発明の一実施例を示す絶縁用高圧ガスタンク2内に収容されたタンデム型静電加速器で、タンデム型静電加速器1は負イオン加速管3と正イオン加速管4を設け、負イオン加速管3と正イオン加速管4とは高電圧ターミナル部5で接続する。

【0028】また、絶縁用高圧ガスタンク2内には高電圧発生部6が設け、高電圧発生部6は高電圧ターミナル部5及び負イオン加速管3の入口3aと正イオン加速管4の出口4aに接続され、絶縁用高圧ガスタンク2の入口と出口は共に接地される。

【0029】一方、絶縁用高圧ガスタンク2の外部には負イオン加速管3の入口3aの延長上に荷電粒子発生器7を設け、荷電粒子発生器7からの荷電粒子はビーム軸8に沿って負イオン加速管3に入り、ここで加速され、更に高電圧ターミナル部5で極性変換された後、正イオン加速管4で加速され、高エネルギー粒子として正イオン加速管4の出口4aより放出されるように構成されている。

【0030】また、絶縁用高圧ガスタンク2の外部にはエキシマーレーザーや光パラメトリック発振器に接続されたNd:YAGレーザー等のレーザー発生器9が設けられ、更に絶縁用高圧ガスタンク2には光学窓10及び高電圧ターミナル部5には光学窓11が設けられ、レーザー発生器9からのレーザーは光学窓10,11を通過して高電圧ターミナル部5のビーム軸8に対して直交状に照射される。

【0031】以上の構成において、荷電粒子発生器7で生成した $\text{Na}^+ \cdot$ ,  $\text{Mg}^+ \cdot$ ,  $(\text{SF}_6)^+ \cdot$  ( $n=2\sim10$ )等の複数の原子からなる負電荷を持つ荷電粒子は負イオン加速管3内で加速されて高電圧ターミナル部5を通過させる。

【0032】一方、レーザー発生器9からは200nmから2 $\mu\text{m}$ 程度の波長の光(光強度は10~100 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ パルス)を発生し、この光は光学窓10,11を通過して高電圧ターミナル部5のイオンビーム軸8に直交状に入射される。

【0033】これにより、上述の複数の原子からなる負電荷を持つ荷電粒子は適当数の電子価数が剥ぎ取られ、複数の原子からなる正電荷を持つ荷電粒子として正イオン加速管4で加速され、加速管4の出口4aより出射される。この実施例では10%以上の効率で複数の原子からなる荷電粒子を加速することができた。

【0034】図2は、負電荷を持つ荷電粒子が光学的に強い共鳴遷移を持つ場合、短波長のレーザー光をビーム軸8に沿って入射させる実施例を示すものである。この実施例では負イオン加速管3の入口3aにはビーム軸8に沿って湾曲した導入管12が設け、導入管12の入口に荷電粒子発生器7を設け、一方正イオン加速管4の出口4aにはビーム軸8に沿って湾曲した導出管13を設けるとともに、ビーム軸8の延長上にレーザー発生器9を設ける。

【0035】この場合、レーザー発生器9からは高電圧ターミナル部5を通過する荷電粒子から見た光の波長が、丁度その荷電粒子の持つ共鳴遷移に一致するように

波長調整された短波長のレーザーをビーム軸8に沿って入射させる。

【0036】これにより、高電圧ターミナル部5ではレーザー発生器9より発振したレーザー光の波長が荷電粒子の持つ共鳴遷移に一致し、電子のイオン化が生ずるので、荷電粒子の極性変換が行なわれ、極性変換された荷電粒子は正イオン加速管4で加速され、導出管13を通過して放出される。

【0037】

【発明の効果】以上要するに、この発明によれば従来のタンデム型静電加速器では不可能であった複数の原子で構成される多様な分子イオンやクラスターイオンを加速することができる。

【0038】また、この発明に係るタンデム型静電加速器によれば従来困難とされた高エネルギー中性粒子ビームを発生させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例を示すタンデム型静電加速器の概略図。

【図2】この発明の他の実施例を示すタンデム型静電加速器の概略図。

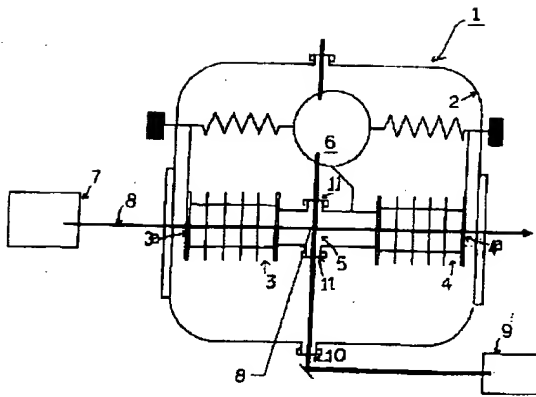
【図3】薄膜透過による荷電変換を利用した従来のタンデム型静電加速器の概略図。

【図4】ガス衝突による荷電変換を利用した従来のタンデム型静電加速器の概略図。

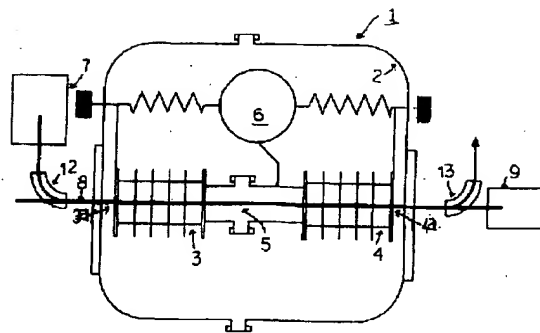
【符号の説明】

- 1 タンデム型静電加速器
- 2 絶縁用高圧ガスタンク
- 3 負イオン加速管
- 4 正イオン加速管
- 5 高電圧ターミナル部
- 6 高電圧発生部
- 7 荷電粒子発生器
- 8 ビーム軸
- 9 レーザー発生器
- 10,11 光学窓
- 12 導入管
- 13 導出管
- 14 炭素薄膜
- 15 無端ベルト
- 16 流量調整弁
- 17 荷電変換用ガス供給部

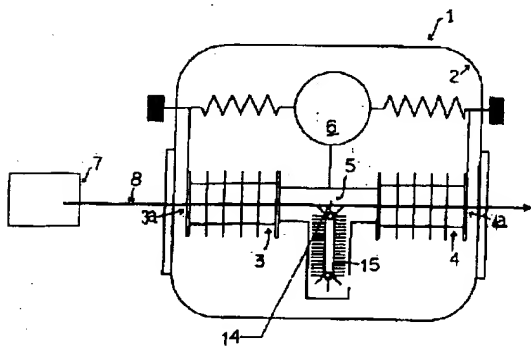
【図1】



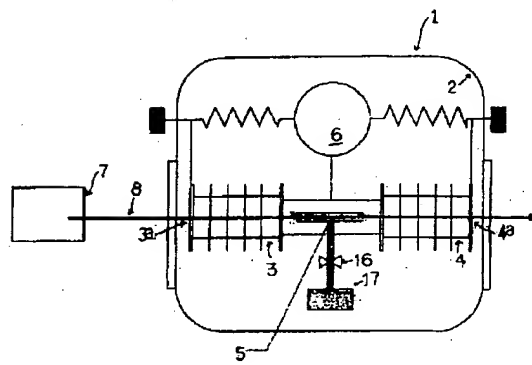
【図2】



【図3】



【図4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**